

UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE  
FACULTÉ D'ÉDUCATION PHYSIQUE ET SPORTIVE  
DÉPARTEMENT DE KINANTHROPOLOGIE

Hauteur de la table d'opération et performances chirurgicales

Serge Savoie

Mémoire de maîtrise

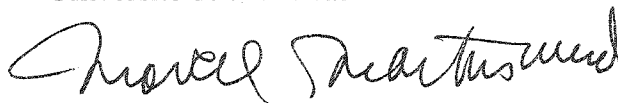
Co-directeurs de recherche :



René Therrien, Ph.D.  
FEPS, Université de Sherbrooke



François Prince, Ph.D.  
Département de Kinésiologie / Chirurgie  
Université de Montréal



Membre du comité :

Marcel Martin, M.D.  
Faculté de Médecine,  
Département de Chirurgie  
Université de Sherbrooke



Doyen de la faculté :

Paul Deshaies, Ph.D.  
FEPS, Université de Sherbrooke

IX - 102

Décembre 2002



National Library  
of Canada

Acquisitions and  
Bibliographic Services

395 Wellington Street  
Ottawa ON K1A 0N4  
Canada

Bibliothèque nationale  
du Canada

Acquisitions et  
services bibliographiques

395, rue Wellington  
Ottawa ON K1A 0N4  
Canada

*Your file Votre référence*

*Our file Notre référence*

The author has granted a non-exclusive licence allowing the National Library of Canada to reproduce, loan, distribute or sell copies of this thesis in microform, paper or electronic formats.

The author retains ownership of the copyright in this thesis. Neither the thesis nor substantial extracts from it may be printed or otherwise reproduced without the author's permission.

L'auteur a accordé une licence non exclusive permettant à la Bibliothèque nationale du Canada de reproduire, prêter, distribuer ou vendre des copies de cette thèse sous la forme de microfiche/film, de reproduction sur papier ou sur format électronique.

L'auteur conserve la propriété du droit d'auteur qui protège cette thèse. Ni la thèse ni des extraits substantiels de celle-ci ne doivent être imprimés ou autrement reproduits sans son autorisation.

0-612-80640-5

Canada

## Remerciements

Ce séjour à la maîtrise fut une expérience incroyable pour moi autant du côté personnel que professionnel. Ce mémoire n'aurait par contre jamais été conçu sans la présence de plusieurs gens qui ont influencé mon cheminement. Je désire donc remercier le plus sincèrement possible :

Les professeurs René Therrien et François Prince pour leur patience, leurs nombreux conseils et le support qui m'ont permis de produire ce mémoire. Je tiens également à les remercier pour m'avoir donné le goût et l'opportunité de poursuivre ma carrière en recherche.

Le Dr. Marcel Martin pour m'avoir fait connaître le domaine chirurgical, ainsi que pour les conseils et le support qu'il m'a fournis pendant ce processus.

Le technicien du laboratoire d'anatomie au C.H.U.S., M. Denis Bisson, pour son support et pour l'intérêt particulier qu'il portait à cette étude. Cette aide fut grandement appréciée et facilita énormément la cueillette des données.

Aux résidents juniors, ainsi qu'aux chirurgiens et résidents seniors qui ont participé à cette étude.

Le professeur Gene Gaudet, de l'Université de Moncton, pour avoir toujours cru en moi, ainsi que pour ses nombreux conseils depuis le tout début.

Tout particulièrement, mes parents, ma sœur et mes amis pour m'avoir donné le goût de la persévérance et du succès. Leurs supports et encouragements constants firent en sorte que j'ai pu demeurer serein et équilibré pendant cette période.

## Résumé

La fatigue musculaire est un phénomène existant dans pratiquement toutes les professions, et peut devenir un facteur limitatif de la performance et ainsi conduire à des lésions chez certains professionnels, comme c'est entre autres le cas pour les chirurgiens. Une posture maintenue pendant une longue période de temps peut devenir source de malaises et diminuer la performance, car certaines positions rendent difficile l'accès au site opératoire et si cette position est maintenue longtemps, elle peut créer une fatigue induite dans un muscle ou groupe musculaire utilisés. Il arrive même que les chirurgiens doivent suspendre temporairement une chirurgie afin de contrer partiellement les effets de la fatigue. Or, les connaissances en cinésiologie, en biomécanique occupationnelle et en ergonomie démontrent que la posture est souvent dépendante de l'ajustement du poste de travail (en l'occurrence la table d'opération). On propose donc que la hauteur de la table d'opération aura un effet autant sur la performance que sur l'inconfort du chirurgien.

Une étude pilote a été réalisée en salle de chirurgie afin d'identifier la hauteur de table habituellement utilisée lors d'une hémicolectomie. Deux hauteurs de table furent par la suite sélectionnées pour l'étude : 1) la table ajustée à la hauteur des coudes du sujet (ajustement habituel) ; 2) une hauteur ergonomiquement optimale qui est de 10% inférieure à la hauteur des coudes. L'échantillon comprenait 9 résidents juniors en chirurgie n'ayant pas été exposés aux principes et bénéfices de la kinésiologie en milieu chirurgical. Chacun des sujets devait effectuer une hémicolectomie d'une durée d'une heure sur un cadavre frais, à chacune des hauteurs de table (sélectionnée de façon aléatoire, les sujets n'étant pas informés des ajustements) sous la supervision d'un chirurgien expert. Un test de précision ainsi qu'un test de résistance à la fatigue musculaire furent exécutés par les résidents après chacune des

chirurgies. Ces tests furent aussi effectués lorsque les résidents étaient au repos. Les séances chirurgicales furent filmées à l'aide de trois caméras vidéos (2 au dessus, 1 en plongée latérale) afin d'accomplir une analyse biomécanique de la position des membres supérieurs. Une analyse statistique paramétrique ANOVA, avec procédure post-hoc de Scheffe, des résultats a été réalisée.

L'analyse des résultats démontre que le nombre d'erreurs diminue de façon significative ( $\bar{X} = 4,81 \pm 3,22$  vs  $\bar{X} = 5,74 \pm 3,21$ ), ( $p \leq 0,01$ ), pendant que le temps d'exécution restait le même, lorsque la table est fixée à la hauteur ergonomiquement optimale. Les résultats démontrent aussi que la résistance à la fatigue musculaire augmente de façon significative ( $\bar{X} = 129,88$  s,  $\pm 31,50$  s. vs  $\bar{X} = 124,95$  s,  $\pm 33,18$  s.), ( $p \leq 0,01$ ), toujours lorsque la table est fixée à la hauteur ergonomiquement optimale. De plus, les résultats obtenus lors de l'analyse vidéo démontrent que le temps de désaxation a diminué de façon significative ( $\bar{X} = 74,11$  sec,  $\pm 28,89$  s. vs  $\bar{X} = 142,78$  s.,  $\pm 51,87$  sec.), ( $p \leq 0,01$ ), lorsque la table est fixée à la hauteur ergonomiquement optimale.

L'ajustement de la table d'opération à une hauteur ergonomiquement optimale permettrait donc un meilleur alignement des segments des membres supérieurs. Ceci aurait comme effet de diminuer la fatigue musculaire et d'améliorer la précision des gestes, ce qui pourrait contribuer à réduire les risques de blessures cervicales et lombaires chez les chirurgiens.

## TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS.....	i
RÉSUMÉ.....	iii
TABLE DES MATIÈRES.....	v
LISTES DES TABLEAUX.....	viii
LISTES DES FIGURES.....	ix
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE 1.....	3
1. Problématique.....	3
1.1 Contexte social de recherche.....	3
1.2 Contexte théorique.....	5
1.2.1 Définition de la fatigue .....	6
1.2.2 Définition de la fatigue musculaire localisée.....	6
1.2.3 Influence de la fatigue musculaire sur la précision.....	7
1.2.4 Fatigue musculaire reliée aux co-contractions.....	10
1.2.5 Études ergonomiques reliées aux gestes des chirurgiens.....	10
1.3 Modèle théorique.....	13
1.4 Question de recherche.....	14
1.5 Hypothèses.....	15
CHAPITRE 2.....	16
2. Méthodologie.....	16
2.1 Les sujets.....	17
2.2 Collecte des données.....	17
2.2.1 Précision des gestes.....	18
2.2.2 Fatigue musculaire.....	20
2.2.3 Désaxations des membres supérieurs.....	21
2.3 Procédures expérimentales.....	21
2.4 Opérationnalisation des variables pour l'analyse des résultats.....	22
2.5 Traitement statistique.....	24
2.6 Limites de l'étude.....	25

<b>CHAPITRE 3.....</b>	<b>26</b>
<b>3. Résultats.....</b>	<b>26</b>
3.1 Caractéristiques de l'échantillon.....	26
3.2 Résultats de l'analyse quantitative.....	27
3.2.1 Résultats lors du test de précision.....	28
3.2.2 Résultats de résistance à la fatigue musculaire.....	29
3.3 Résultats de l'analyse qualitative.....	31
3.3.1 Nombre et temps total de désaxations à l'épaule.....	31
3.3.2 Nombre et temps total de désaxations au poignet.....	33
3.4 Vérification des hypothèses.....	35
3.4.1 Hypothèse 1.....	35
3.4.2 Hypothèse 2.....	35
3.4.3 Hypothèse 3.....	36
<b>CHAPITRE 4.....</b>	<b>38</b>
<b>4. Discussion.....</b>	<b>38</b>
4.1 Analyse des résultats.....	38
4.1.1 Importance de la précision des gestes lors d'une chirurgie.....	38
4.1.2 Influence de la fatigue musculaire sur la précision des gestes.....	40
4.1.3 Influence des désaxations sur la fatigue musculaire.....	41
4.2 Forces, limites et recommandations de l'étude.....	42
<b>CHAPITRE 5.....</b>	<b>45</b>
<b>5. Conclusion.....</b>	<b>45</b>
5.1 Applications.....	46
<b>RÉFÉRENCES.....</b>	<b>49</b>
<b>ANNEXES.....</b>	<b>51</b>
Annexe A – Tableau démontrant le nombre d'erreurs effectuées et le temps total lors du test de précision, ainsi que le temps de résistance à la fatigue musculaire pour chacun des sujets.....	51
Annexe B – Tableau démontrant le nombre et le temps de désaxations pour chacun des sujets et à chacune des hauteurs de tables d'opération.....	52
Annexe C – Illustration d'une désaxation du poignet et de l'épaule lors d'une chirurgie.....	53



Annexe D – Illustration de l’environnement de l’expérimentation.....	54
Annexe E – Formulaire de consentement.....	55

**LISTE DES TABLEAUX**

Tableau 2.1 – Schéma des tests effectués pour vérifier les hypothèses.....	23
Tableau 3.1 – Caractéristiques anthropométriques des sujets.....	27

## LISTES DES FIGURES

Figure 1 – Modèle théorique des facteurs ergonomiques pouvant influencer la performance chirurgicale.....	13
Figure 2 – Test de précision sur l'appareil de traçage.....	18
Figure 3 – Test de fatigue musculaire de l'épaule et du trapèze.....	20
Figure 3.1 – Nombre d'erreurs effectuées lors du test de précision du geste sur un appareil de traçage.....	29
Figure 3.2 – Temps de résistance à la fatigue musculaire à l'épaule.....	31
Figure 3.3 – Nombre de désaxations à l'épaule lors de la chirurgie.....	32
Figure 3.4 – Temps total des désaxations à l'épaule lors de la chirurgie.....	33
Figure 3.5 – Nombre de désaxations au poignet lors de la chirurgie.....	34
Figure 3.6 – Temps total de désaxations au poignet lors de la chirurgie.....	34

## INTRODUCTION

Depuis le virage ambulatoire des années 90, les listes d'attente afin d'obtenir une chirurgie sont de plus en plus longues. Les chirurgiens sont débordés, ce qui a pour effet de prolonger l'attente des gens pour obtenir une chirurgie lorsque leur vie n'est pas immédiatement mise en danger. De plus, les chirurgiens peuvent perdre plusieurs précieuses minutes lors d'une chirurgie dû à une fatigue musculaire au niveau des membres supérieurs. La fatigue musculaire a effectivement une influence directe sur la performance (Alderman (1965), dans Singer (1968)). La précision des gestes effectués par le chirurgien en est donc souvent affectée et par le fait même engendre une augmentation de la durée totale d'une chirurgie.

La fatigue musculaire est un phénomène existant dans pratiquement toutes les professions, mais peut devenir un facteur limitatif de la performance pour certains professionnels. C'est entre autre le cas pour les chirurgiens. Chacun de leurs gestes est important et ils doivent être en mesure de l'exécuter avec une précision optimale au moment opportun et ce, à chacune des chirurgies. Une posture maintenue pendant une longue période de temps peut devenir source de malaises et diminuer leur performance, car certaines positions rendent difficile l'accès aux tissus. Les chirurgiens se placent donc dans des positions différentes, qui peuvent mettre plus de stress sur un muscle ou groupe musculaire particuliers et par le fait même créer une fatigue induite. Il arrive même que les chirurgiens doivent suspendre temporairement une chirurgie afin de contrer partiellement les effets de la fatigue. Or, les connaissances en cinésiologie, en biomécanique occupationnelle et en

ergonomie démontrent que la posture est souvent dépendante de l'ajustement du poste de travail (en l'occurrence la table d'opération).

Ce mémoire introduit, dans un premier temps, le contexte social de la recherche. Ensuite, il présente le contexte théorique, la recension des écrits, ainsi que le modèle théorique sur lequel s'appuie la présente étude. La question de recherche, de même que les hypothèses de l'étude sont également définies. Dans un deuxième temps, la méthodologie détaillée et les choix d'analyses statistiques sont exposés. Dans un troisième temps, les résultats de l'étude seront présentés sous forme de tableaux et figures. Par la suite, les résultats obtenus sont discutés en lien avec la littérature publiée dans le domaine. Ce chapitre fait aussi état des forces et limites de l'étude. Finalement, ce mémoire formule une conclusion et propose quelques applications jugées pertinentes.

## CHAPITRE 1

### 1. PROBLÉMATIQUE

#### 1.1 Contexte social de recherche

Plusieurs raisons font en sorte que nos médecins partent du Québec après y avoir complété leurs études. Ceci a pour effet de diminuer le bassin de chirurgiens disponibles pour satisfaire une demande déjà très grande. L'exode de nos plus brillants cerveaux est bel et bien réel, et le contexte de recherche apporte de nombreuses statistiques qui expliquent les raisons de cet exode. Il sera question dans cette section du fardeau fiscal au Québec, du plafond salarial imposé aux médecins spécialistes travaillant au Québec, des contingentements des inscriptions en première année de médecine, et des habitudes de travail de la nouvelle génération de médecins.

On ne peut pas cacher le fait que le Québec est victime d'un exode de cerveaux touchant ses chercheurs et professionnels les plus brillants (La Presse 1999/08/17). Selon Le Devoir (1999/08/17), parmi les gens qui décident de partir vers les États-Unis, nous retrouvons surtout des médecins, physiciens, chimistes, biologistes, mathématiciens, ingénieurs, informaticiens, infirmières, professeurs et administrateurs. Selon La Presse (1999/06/07), en 1997, le Québec affichait la perte nette la plus élevée, soit de 93 médecins, alors que la Colombie-Britannique connaissait le gain net le plus élevé avec 143 médecins. L'étude menée par le Conference Board désigne le fardeau fiscal qui sévit sur l'ensemble du pays comme la principale cause de l'exode des cerveaux (Le Devoir 1999/08/17).

D'après Le Devoir (1999/04/03), Québec a fixé à 257 000\$ le plafond salarial d'un médecin spécialiste, au delà de quoi tous les actes effectués sont rémunérés à 25%, alors que pour ces même médecins en Ontario le plafond annuel est de 380 000\$, les actes supplémentaires eux étant rémunérés à 75%, ce qui vient justifier la raison du départ de certains de nos médecins vers cette province.

En plus de l'exode des cerveaux chez nos médecins, les admissions en médecine ont été soumises à un contingentement à la baisse pendant plusieurs années. En 1980, on acceptait au Québec 635 candidats en première année de médecine; en 1998, ce n'était plus que 453. À ceci s'ajoute l'exode annuel de 100 à 150 médecins vers les États-Unis ou les autres provinces et un nombre important de médecins qui, depuis 1995, optent pour la retraite grâce, en partie, aux mesures incitatives – soit entre 200 et 300 départs annuels de plus qu'auparavant (La Presse 1999/05/13).

Ainsi, au Canada, les nouvelles générations de médecins travaillent moins, consacrant à la pratique en 1995 cinq heures de moins par semaine qu'en 1982. La Presse (1999/05/13) ajoute que parmi les spécialistes travaillant 40 heures et plus par semaine, 72% sont des âgés de 55 ans et plus. Ceci vient donc appuyer la théorie qu'il y a moins de médecins de disponibles pour les chirurgies, et que les listes d'attentes augmentent de plus en plus. Au Québec, les médecins passent auprès des patients trois heures de moins par semaine que ceux du reste du pays (La Presse 1999/05/13). De plus, selon le même auteur, les femmes médecins – partout au pays – consacrent à la même clientèle une journée (7,5 heures) de moins par semaine que leurs collègues masculins. Or la féminisation de la profession a été au

Québec plus rapide qu'ailleurs. Au Québec, 67% des étudiants de première année des facultés de médecine francophones sont de sexe féminin. Cette situation n'est pas à critiquer mais doit être prise en considération dans l'analyse comparative des effectifs des provinces (La Presse 1999/05/13). Ceci fait en sorte qu'il y a moins de chirurgiens disponibles, ils ont moins d'heures à offrir, donc les listes d'attentes augmentent encore. Plusieurs chirurgies sont délicates, demandant beaucoup de précision et de temps. Voilà l'importance de pratiquer régulièrement les techniques chirurgicales, afin de conserver la dextérité et la compétence lors d'une chirurgie.

Plusieurs raisons font en donc sorte que les chirurgiens du Québec partent pratiquer ailleurs. Le fardeau fiscal semble être la raison dominante, mais il y a tout de même plusieurs autres raisons. Le fait que les chirurgiens ont droit à un plus grand nombre d'heures en salle d'opération ailleurs au pays incite également ces derniers à partir. En exécutant un plus grand nombre de chirurgies ailleurs, les chirurgiens deviennent meilleurs et donc plus efficaces pour réaliser une chirurgie.

## **1.2 Contexte théorique**

Plusieurs chercheurs se sont intéressés au poste de travail dans plusieurs secteurs du milieu professionnel (Chaffin et al. 1984; Vasseljen et al. 1997; Voight et al. 1996; Winker et al. 1989). Par contre, très peu se sont intéressés au poste de travail d'un chirurgien. La référence aux études portant sur d'autres postes similaires a donc été nécessaire afin de bien comprendre le problème. Un modèle théorique est élaboré à partir de la recension des écrits.



La définition de la fatigue ainsi que celle de la fatigue musculaire localisée sont présentées dans cette section. Par la suite, à l'aide de la littérature, l'influence de la fatigue musculaire sur la précision des gestes, de même que les liens entre la fatigue musculaire et les co-contractions sont présentés afin de démontrer l'importance d'une bonne posture. Finalement, une partie de cette section est consacrée aux études ergonomiques reliées aux gestes chirurgicaux.

#### 1.2.1. Définition de la fatigue

Hadberg et al. (1995) définissent la fatigue comme suit : Le terme "fatigue" recouvre une notion complexe et un peu floue. Dans la pratique, on définit la fatigue comme une incapacité d'effectuer un effort physique ou intellectuel vigoureux de la même façon qu'avant l'état de fatigue ressenti, c'est-à-dire une sensation indésirable et passagère qui réduit la motivation de l'individu et sa capacité d'accomplir son travail aussi bien qu'auparavant.

#### 1.2.2 Définition de la fatigue musculaire localisée

Selon Pederson et al. (1999), la fatigue musculaire localisée est souvent définie comme une diminution aiguë de la performance. Ceci inclut autant l'augmentation de la perception d'effort nécessaire pour appliquer une force désirée, que l'impossibilité éventuelle à produire cette force.

### 1.2.3 L'influence de la fatigue musculaire sur la précision

La précision fait appel à la capacité de pouvoir situer ses membres dans l'espace afin d'accomplir un geste précis. Selon Voight et al. (1996), la proprioception est définie comme étant l'entrée neurologique cumulative allant au système nerveux central à partir de récepteurs spécialisés appelés mécanorécepteurs. Ceux-ci sont situés dans les capsules articulaires, les ligaments, les muscles, les tendons et la peau. Il est donc facile de croire que la fatigue musculaire influencera directement la position finale d'un geste, voir même la précision. Après avoir fait une étude sur le positionnement du membre supérieur dans l'espace avec induction de fatigue musculaire à l'épaule, Voight et al. (1996) sont venus à la conclusion que les mécanorécepteurs des muscles sont les plus importants transporteurs d'information pour la perception du positionnement articulaire de l'épaule.

Il est maintenant connu que même une petite fatigue musculaire a un effet direct sur la performance (Alderman (1965), dans Singer (1968)). Selon Laursen et al. (1998), la précision d'un mouvement a un effet direct sur le temps d'exécution. Ceci dit, la fatigue musculaire aura un effet sur la précision et du fait même sur le temps total pour exécuter un mouvement ou une série de mouvements. Selon Winker et al. (1989), une petite charge (moins de 15% d'une contraction maximale) peut avoir un effet significatif sur la fatigue musculaire au niveau de l'épaule. Après avoir analysé les résultats d'un test mettant l'emphase sur la flexion de l'épaule et ce, en travaillant à différents angles de flexion en utilisant un stylet, Winker et al. (1989) ont rapporté, à l'aide d'ÉMG, que dans l'exécution d'une flexion de l'épaule, une charge aussi petite que 0,95kg avait un effet sur la fatigue

musculaire localisée et entraînait même une certaine sensation de malaise à cette articulation. Selon Vasseljen et al. (1997), une abduction du bras est de 20 à 50 % plus taxante sur le trapèze qu'une flexion du même membre. On peut facilement croire que la durée d'une chirurgie serait plus courte si on réussissait à réduire toutes les composantes de la fatigue et leurs répercussions.

Comme une désaxation de l'épaule et/ou du poignet entraîne une certaine fatigue musculaire, nous pouvons déduire que la hauteur de la table de chirurgie, de par son influence sur la position des membres supérieurs aura un effet sur l'amplitude et la durée des gestes accomplis. Les chirurgiens utilisent une hauteur de table qui selon la littérature est théoriquement optimale, car elle se situe approximativement à la hauteur des coudes. Par contre, en observant attentivement, on remarque que la table d'opération est souvent ajustée plus haute lorsque le chirurgien doit opérer dans un site profond. Comme la plupart des chirurgies sont ouvertes, les tables deviennent trop hautes pour eux, ce qui a comme conséquence de les forcer à désaxer les membres supérieurs dans l'exécution des gestes chirurgicaux. Selon Chaffin et al. (1984), l'angle de flexion de l'épaule joue un rôle important sur la fatigue musculaire, car en prenant l'exemple d'une personne qui à 25° de flexion du bras peut maintenir une charge de 100 N, alors que cette même personne, à 90° de flexion du bras, ne peut maintenir qu'une charge de 69 N. Cette désaxation entraîne donc une certaine fatigue musculaire qui est par la suite suivie d'un effet sur la performance et la précision. L'application de ces données au geste chirurgical nous permet de croire que ce manque de précision fait en sorte que le chirurgien mettra plus de temps pour effectuer sa chirurgie. Selon Winker et al. (1989), on devrait travailler avec les mains à la hauteur des

hanches. Ceci éviterait les désaxations, donc aurait nécessairement une influence sur le temps total pour effectuer une chirurgie. Il est évident qu'une table plus basse aurait comme conséquence de changer la position de la tête afin de mieux voir le site de la chirurgie. Selon Vasseljen et al. (1997), une désaxation du bras est beaucoup plus néfaste pour le trapèze qu'une flexion de la tête. Ceci vient ajouter de l'importance à l'ajustement optimal de la hauteur de la table.

La précision des gestes effectués par un chirurgien est très importante. Il travaille souvent dans des endroits restreints, ce qui rend son travail plus difficile. Selon Voight et al (1996), la sensation de positionnement est diminuée avec la présence de fatigue musculaire à l'épaule. Ceci indique une relation entre la fatigue musculaire et la précision du geste. Selon Pederson et al. (1999), la présence de fatigue musculaire à l'épaule avait comme répercussion : 1) une réduction de la précision du geste, 2) cette réduction était plus grande quand la vélocité était plus rapide que la vélocité de référence, et 3) les femmes avaient encore moins de précision que les hommes. Ceci devient très intéressant, sachant que plusieurs chirurgiens sont de sexe féminin. La hauteur optimale de la table de chirurgie prend encore plus d'importance, car la femme étant généralement moins grande travaille souvent avec des tables ajustées pour des hommes. Selon Forestier et al. (1998), à mesure que la fatigue musculaire s'installe, la rigidité du mouvement augmente aussi. Le mouvement devenant moins fluide avec la fatigue musculaire, les gestes deviennent ainsi plus difficiles à exécuter. La performance et la précision sont donc automatiquement influencées si le mouvement devient plus rigide.

#### 1.2.4 Fatigue musculaire reliée aux co-contractions

Une co-contraction se produit lorsque le muscle antagoniste contracte et a pour but de faire contracter le muscle agoniste d'avantage afin de contrer la force externe. Une fatigue musculaire reliée aux co-contractions agit de façon différente sur la précision du geste. Jaric et al. (1999) avancent même que la position finale est influencée par la fatigue musculaire, mais que l'effet est différent quand le muscle agoniste est fatigué comparativement à lorsque c'est le muscle antagoniste. Ce groupe d'auteurs ajoute que si le muscle agoniste est fatigué, le geste sera plus bas que ce qu'on aura visé tandis que si le muscle antagoniste est fatigué, le geste aura tendance à être plus haut. De plus, Psek et al. (1993) ajoutent que l'activité du muscle antagoniste, qui crée par le fait même une co-contraction a un effet direct sur la fatigue du muscle agoniste. Une diminution de la co-contraction, a comme effet de prolonger l'endurance du muscle agoniste (Psek et al., 1993). Ceci vient donc ajouter à l'importance d'éviter la fatigue musculaire afin d'exécuter le geste exactement comme prévu et à l'endroit visé.

#### 1.2.5 Études ergonomiques reliées aux gestes des chirurgiens

Comme mentionné plus haut, Luttmann et al. (1996) affirment que très peu de chercheurs ont étudié la fatigue musculaire chez les chirurgiens. Par contre, ce même groupe d'auteurs avance que les chirurgiens sont fréquemment obligés d'adopter une posture pendant une longue période, ce qui est associé à un grand niveau de tension sur le système musculaire. La plupart des études faites à ce jour chez les chirurgiens sont en relation avec la fréquence

cardiaque. Certaines études concernant le poste de travail du chirurgien commencent à être publiées, mais elles portent plutôt sur des comparaisons entre chirurgies ouvertes et chirurgies laparoscopiques.

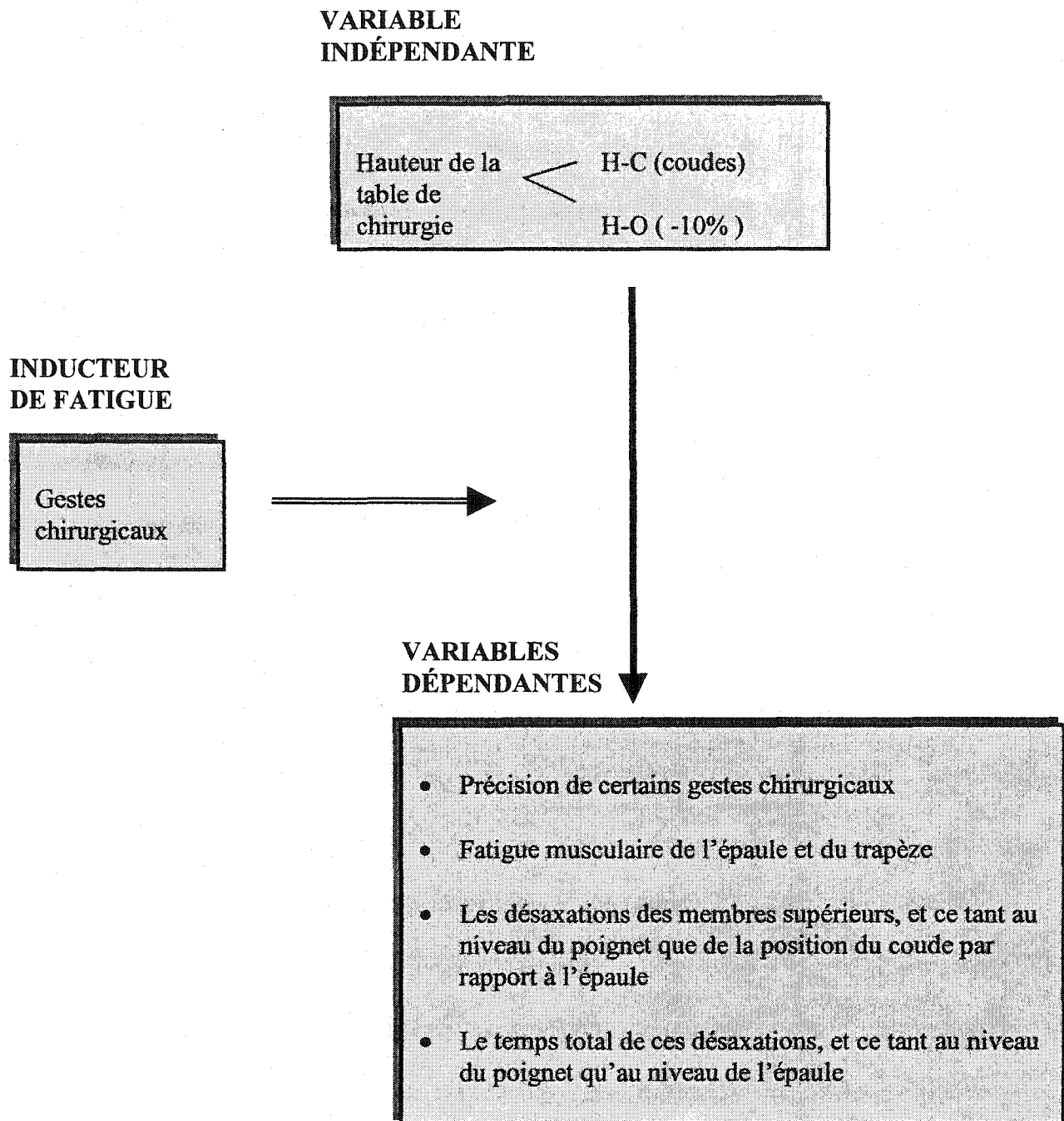
Berguer et al. (1999) remarquent qu'il y a lacune ergonomique chez les chirurgiens, mais ils associent les problèmes aux procédures chirurgicales utilisées en laparoscopie. Ces auteurs rapportent que les chirurgiens ont une fatigue musculaire des membres supérieurs et un engourdissement occasionnel au niveau des mains après une chirurgie laparoscopique. Luttman et al. (1998) attestent que le muscle le plus affecté lors d'une chirurgie est le trapèze. Dans le travail d'un urologue, les auteurs prétendent que la plus grande fatigue musculaire est enregistrée au niveau de ce muscle dans 80% des chirurgies. Ce pourcentage diminue remarquablement après avoir réorganisé ergonomiquement le poste de travail. L'électromyogramme ne démontre alors des signes de fatigue que dans 42% des cas.

Les auteurs de différents articles semblent d'accord pour accorder une grande importance à la diminution de la fatigue musculaire chez les chirurgiens. Berguer et al. (1997) déclarent qu'une mauvaise posture peut causer un chargement et une fatigue musculaire, ainsi qu'une diminution de la performance lors de l'exécution de tâches psychomotrices. Lettman et al. (1996) prétendent que la réduction de la tension musculaire entraînant une diminution de la fatigue musculaire n'est pas seulement un avantage pour le chirurgien. Ceci devrait également bénéficier aux patients, car un niveau de tension musculaire moins élevé diminue le risque d'une baisse de performance au cours de la chirurgie associée à une fatigue musculaire. De plus, Lettman et al. (1996, 1998) soutiennent

qu'une réduction de la tension et de la fatigue musculaire peut avoir une influence positive sur la qualité de la chirurgie. Si le chirurgien n'est pas distrait par les effets de la fatigue musculaire, il sera en mesure de mieux se concentrer sur les objectifs primaires de la chirurgie.

Ce contexte théorique place une grande importance sur le poste de travail d'un chirurgien. Les études démontrent qu'un poste de travail défavorable nuit à la performance de celui qui opère. Le trapèze semble être le muscle le plus affecté par la fatigue musculaire. Une bonne posture est donc de mise afin d'optimiser les gestes du chirurgien.

### 1.3 Modèle théorique



**FIGURE 1** Modèle théorique des facteurs ergonomiques pouvant influencer la performance chirurgicale



La recension des principales recherches indique qu'il y a place à l'amélioration au niveau du poste de travail d'un chirurgien. Le regroupement des variables, quant à lui, permet de mettre en évidence l'état actuel des connaissances. Certaines variables sont reprises par plusieurs chercheurs, mais rares sont les fois où toutes les variables incluses dans cette étude sont étudiées. C'est donc à partir de la lecture des différentes recherches, ainsi que de l'expérience en laboratoire, que le modèle théorique présenté à la figure 1 a été élaboré. Ce modèle théorique est simple, mais devient très important car sa vue d'ensemble permet d'explorer la relation entre la hauteur de la table de chirurgie et différents facteurs de même que l'importance relative de chacun.

#### 1.4 Question de recherche

Le contexte de recherche ainsi que le contexte théorique démontrent bien la pertinence d'étudier le poste de travail du chirurgien. La question de recherche est donc la suivante :

*Quel est l'effet de l'ajustement de la hauteur de la table de chirurgie sur la performance du geste chirurgical ?*

La réponse à cette question est d'une grande importance pour le domaine de la santé. Puisque cette recherche a pour but de réduire la fatigue musculaire aux membres supérieurs des chirurgiens et par le fait même augmenter la précision de leurs gestes chirurgicaux, elle sert de référence pour déterminer la hauteur ergonomiquement optimale de la table de

chirurgie. Les résultats de la recherche peuvent entraîner des retombées intéressantes autant pour les chirurgiens que pour les patients. Ces retombées sont : la réduction du temps opératoire et d'anesthésie pour le patient, ainsi qu'une diminution de la fatigue chez le chirurgien.

## **1.5 Hypothèses**

Les hypothèses principales portent sur la fatigue musculaire et la précision du geste. Elles sont complétées par une hypothèse tentant d'établir un lien entre la hauteur de table et les désaxations provoquées au niveau des membres supérieurs.

### Hypothèses principales

1. Il y a augmentation statistiquement significative de la précision des gestes lorsque la table de chirurgie est à une hauteur ergonomiquement optimale.
2. Il y a diminution statistiquement significative de la fatigue musculaire du chirurgien lorsque la table de chirurgie est à une hauteur ergonomiquement optimale.

### Hypothèse secondaire

3. Il y a diminution statistiquement significative du nombre de désaxations des membres supérieurs lorsque la table de chirurgie est à une hauteur ergonomiquement optimale.

## CHAPITRE 2

### 2. MÉTHODOLOGIE

Le but de cette étude était d'investiguer des moyens visant à augmenter la précision des gestes chirurgicaux et à réduire la fatigue musculaire du chirurgien, tout en améliorant la performance chirurgicale.

Cette étude de type quasi-expérimentale permettait d'évaluer le niveau de fatigue musculaire induit à l'épaule d'un chirurgien à une hauteur de table de chirurgie prédéterminée, correspondant à l'ajustement habituel des chirurgiens. La précision des gestes chirurgicaux, ainsi que les désaxations des membres supérieurs ont été également observées à cette même hauteur de table. L'expérimentation a été reprise avec les mêmes sujets à une hauteur de table chirurgicale ergonomiquement optimale afin d'évaluer s'il y a des améliorations dans les résultats. La littérature ergonomique était en mesure de nous indiquer la hauteur optimale de la table de chirurgie. L'étude a été réalisée au laboratoire d'anatomie au Centre Hospitalier Universitaire de Sherbrooke (C.H.U.S.). Une étude pilote avait été exécutée en salle de chirurgie afin de pouvoir identifier la hauteur de table habituellement utilisée par les chirurgiens.

Le présent chapitre présente la description détaillée des sections suivantes : les critères de sélection des sujets impliqués dans l'étude, les différentes collectes de données utilisées (désaxation des membres supérieurs, fatigue musculaire, et précision des gestes), les

procédures expérimentales, le traitement de données et l'analyse statistique. Ce chapitre se termine par les limites de l'étude.

## **2.1 Les sujets**

L'échantillon comprend neuf résidents juniors faisant partie du tronc commun en chirurgie au C.H.U.S. Les critères de sélection des sujets participant à l'étude étaient les suivant : (a) être résident junior en chirurgie, (b) ne pas avoir été exposé aux principes et bénéfices de la kinésiologie en milieu chirurgical.

Les sujets se sont rendus au laboratoire d'anatomie du C.H.U.S. à trois reprises, soit deux fois avec induction de fatigue par le biais d'une chirurgie et une fois au repos. Chaque sujet devait exécuter des gestes chirurgicaux pendant une durée d'une heure à deux reprises, soit à deux hauteurs de table différentes. Tout de suite après, le sujet devait exécuter un test de précision ainsi que réaliser un test de fatigue musculaire afin de quantifier la fatigue musculaire après chacune des chirurgies. Lors de la visite au repos, le sujet n'accomplissait que les tests de précision et de fatigue musculaire.

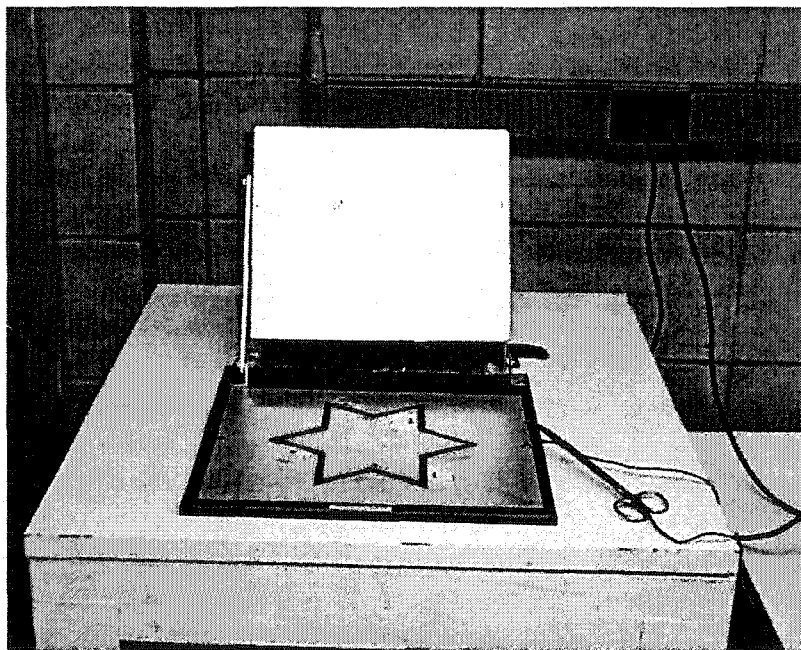
## **2.2 Collecte des données**

La collecte des données comportait trois parties. La précision des gestes, la fatigue musculaire et les désaxations des membres supérieurs étaient les variables sélectionnées pour

cette étude. La prochaine section vise à décrire les instruments et la méthodologie utilisés pour quantifier les paramètres de précision, de fatigue musculaire et de désaxation.

### 2.2.1 Précision des gestes

Afin d'enregistrer la précision des gestes du sujet, un appareil de traçage avec stimulus électrique était utilisé. Voir figure 2.



**FIGURE 2** Test de précision sur appareil de traçage

L'individu devait suivre le contour d'une étoile à sa vitesse maximale tout en essayant de rester dans la trajectoire de l'étoile. Le sujet devait effectuer le tracé tant dans le sens horaire que dans le sens anti-horaire. Le temps total de l'exécution était calculé à l'aide d'un chronomètre. Ceci était nécessaire afin de s'assurer que le sujet avait la même vitesse

d'exécution pour chaque essai, et ce à chaque séance. L'appareil est relié à un enregistreur qui compte automatiquement le nombre de fois que le stylet, qui était un instrument chirurgical (Metz), quitte la trajectoire de l'étoile. Ceci permettait d'établir le nombre d'erreurs commises par le sujet. Quatre plaques métalliques avaient été ajoutées sur l'appareil, afin de rétrécir la trajectoire de l'étoile à certains endroits stratégiques. Ceci devait rendre la tâche plus difficile. La fidélité ( $r = 0,955$ ) du test de précision avait auparavant été évaluée en situation de test re-test dans les mêmes conditions avec le même appareil auprès de sujets non participants à l'étude principale.

### 2.2.2 Fatigue musculaire

Lors de la séance au repos, le sujet devait maintenir une charge le plus longtemps possible tout en gardant une abduction du bras autour de l'épaule à un angle de 90°. Le temps de maintien était mesuré afin d'évaluer l'endurance du sujet au repos. Le même test était repris à la fin des gestes chirurgicaux afin de vérifier si l'endurance musculaire du sujet était maintenue, augmentée ou diminuée. Ce test était exécuté lors de l'étude quasi-expérimentale au laboratoire d'anatomie. Il devait être réalisé comme illustré dans la figure 3.



**FIGURE 3** Test de fatigue musculaire de l'épaule et du trapèze

### 2.2.3 Désaxations des membres supérieurs

La collecte des données pour détecter les désaxations des membres supérieurs s'accomplissait à l'aide d'une analyse vidéo. Trois caméras avaient été placées dans le laboratoire d'anatomie pour l'étude. Le visionnement des séquences était réalisé au laboratoire de biomécanique de la Faculté d'éducation physique et sportive de l'Université de Sherbrooke. Il était alors possible de détecter s'il y avait ou non présence d'une désaxation, autant au niveau du poignet qu'entre le bras et l'épaule, et si oui, l'amplitude en degrés de cette désaxation. À chaque fois que le membre du sujet sortait de son axe, ceci était considéré comme une désaxation. Plus grand était l'angle entre l'alignement optimal du membre supérieur et celui utilisé par le sujet, plus sévère et plus importante était la désaxation.

## 2.3 **Procédures expérimentales**

Les sujets sélectionnés se présentaient et recevaient une brève explication sur l'importance de l'expérimentation et le matériel utilisé. Ils signaient le formulaire de consentement et les consignes relatives à l'expérimentation leur étaient ensuite données.

Pour l'étude pilote, les chirurgiens observés devaient exécuter une chirurgie quelconque et ensuite passer les tests décrits dans la section 2.2. Pour l'étude, chaque sujet devait exécuter une série de gestes chirurgicaux sur un cadavre au laboratoire d'anatomie du C.H.U.S. pendant une durée d'une heure avant d'accomplir lui aussi ces mêmes tests.



## **2.4 Opérationnalisation des variables pour l'analyse des résultats**

Plusieurs analyses ont été réalisées afin de pouvoir tirer les conclusions les plus précises possible. Les résultats des tests d'endurance musculaire au niveau de l'épaule et de précision des gestes chirurgicaux ont été soumis à des analyses statistiques non paramétriques afin de vérifier les hypothèses principales. Les gestes chirurgicaux enregistrés sur vidéo ont aussi été visionnés et analysés afin de vérifier la présence et l'amplitude des désaxations des membres supérieurs.

TABLEAU 2.1

Schéma des tests effectués pour vérifier les hypothèses

		Hauteur de la table	Hypothèse 1 (précision des gestes)	Hypothèse 2 (endurance musculaire)		
Repos			- test du traçage de l'étoile avec un instrument chirurgical usuel (Metz)  - évalué à partir du nombre d'erreurs	- test de résistance musculaire avec un poids de 2,5 kg à 90° d'abduction  - évalué à partir de la durée (sec)		
Post-procédure	H-C	Idem		Idem		
	H-O	Idem		Idem		
			Hypothèse 3			
			Nombre de désaxations		Durée des désaxations	
			Épaule	Poignet	Épaule	Poignet
Durant la procédure	H-C	- analyse vidéo  - à partir des trois caméras au laboratoire	- analyse vidéo  - à partir des trois caméras au laboratoire	- analyse vidéo  - à partir des trois caméras au laboratoire	- analyse vidéo  - à partir des trois caméras au laboratoire	
	H-O	Idem	Idem	Idem	Idem	

Comme indiqué dans le schéma ci haut, un test d'endurance musculaire était exécuté autant avant qu'après les gestes chirurgicaux afin de voir si l'indice de fatigue musculaire au niveau de l'épaule était modifié. Il s'agissait de soutenir une charge pré-déterminée le plus longtemps possible, et le temps de l'effort était enregistré. Pour le test de précision des gestes, on prenait note du nombre d'erreurs faites par le sujet ainsi que le temps total de la tâche. Ce test était également exécuté avant et après la période expérimentale de gestes chirurgicaux réalisé à chacune des deux hauteurs de table de chirurgie.

Les gestes chirurgicaux eux ont été attentivement visionnés afin de voir quantifier le nombre de désaxation des membres supérieurs pendant la chirurgie, et ce aux deux hauteur de tables de chirurgie.

## **2.5 Traitement statistique**

La première étape consistait à décrire la population étudiée en termes d'âge, de sexe, de taille.

Un test d'ANOVA pour mesures répétées a été utilisé pour détecter des différences significatives entre les différentes conditions expérimentales. Il a été complété par la procédure post-hoc de Scheffe pour identifier les différences statistiquement significatives.

## 2.6 Limites de l'étude

La présente étude en cause ne fait pas exception aux limites rencontrées dans la plupart des recherches dans le domaine. Certaines variables que nous ne pouvions contrôler étaient présentes dans cette recherche.

Premièrement, l'étude était effectuée sur des cadavres plutôt qu'en situation réelle, car on ne peut changer les habitudes d'un chirurgien pendant qu'il effectue une chirurgie sur un patient. Ceci serait contre le code de déontologie, car si une erreur survenait le changement pourrait en être la cause.

Deuxièmement, le nombre de sujets disponibles pour l'étude était limité. Il est impossible de généraliser les résultats de la présente recherche avec seulement neuf sujets. L'étude donne par contre un bon aperçu du problème en cause.

Troisièmement, le degré d'habileté de chacun des sujets pourrait être hétérogène, car ce sont des débutants dans le domaine de la chirurgie (résidents juniors) et ils sont encore à l'étape d'apprentissage. Certains d'entre eux pourraient s'être sentis plus à l'aise lors de la 2<sup>e</sup> séance de collecte de données. Cependant ce biais était contrôlé par l'ordre aléatoire des conditions d'expérimentation.

## **CHAPITRE 3**

### **3. RÉSULTATS**

Ce chapitre fait d'abord état des caractéristiques de l'échantillon utilisé pour l'étude. Par la suite, les résultats de la recherche obtenus suite à la collecte des données sont présentés. Les résultats et la vérification des hypothèses expérimentales sont divisés en deux sections : La première, est subdivisée en deux parties; elle comprend l'analyse quantitative des tests de précision et de résistance à la fatigue musculaire, et la seconde, l'analyse qualitative des données de désaxation des membres supérieurs des sujets lors de la chirurgie. Ces résultats sont ensuite discutés dans le chapitre 4.

#### **3.1 Caractéristiques de l'échantillon**

Neuf sujets participaient à l'expérimentation. Tous faisaient partie du même groupe. Des neufs sujets, huit d'entre eux étaient de sexe masculin. Aucun des sujets ne présentait de limitation pouvant nuire aux résultats de l'étude. Les sujets étaient âgés entre 25 et 38 ans, et leur moyenne d'âge était de 27,9 ans ( $sd = 4$ ). Le tableau 3..1 présente les principales caractéristiques anthropométriques du groupe participant à l'étude.

Tableau 3.1

Caractéristiques anthropométriques des sujets

Groupe	n	Âge (ans)		Taille (m)	
		Moyenne	Sd	Moyenne	Sd
	9	28	4	1,73	0,09

Note : n : nombre de sujet; Sd : écart-type

Les sujets de l'expérimentation étaient tous des résidents juniors en chirurgie. Ils n'étaient cependant pas tous dans le programme de chirurgie générale. Mais comme le tronc commun en chirurgie inclut un stage en chirurgie générale, tous les sujets avaient déjà été exposés aux techniques chirurgicales utilisées dans la présente étude. Par contre, aucun des sujets n'avait été exposé aux principes kinésiologiques et ergonomiques appliqués à la chirurgie.

### 3.2 Résultats de l'analyse quantitative

Les résultats obtenus lors du test de précision sur le traçage de l'étoile ainsi que ceux obtenus lors du test de résistance à la fatigue musculaire sont d'abord présentés.

### 3.2.1 Résultats lors du test de précision

L'analyse des résultats du test de précision effectué à l'aide du traçage de l'étoile avec un outil chirurgical utilisé comme pointeur a permis d'identifier s'il y a eu diminution de la précision du geste après une induction de fatigue musculaire, au moyen d'une procédure chirurgicale d'une durée de 1 heure. Les résultats présentés dans cette section visent donc à vérifier s'il y a des différences entre chacune des conditions expérimentales.

Le nombre d'erreurs obtenues pour chacun des sujets augmente de façon significative lorsqu'il y a induction de fatigue musculaire. Ce nombre d'erreurs augmente davantage lorsque la table d'opération est à la hauteur des coudes du sujet.

Le test de précision du geste sur l'appareil de traçage enregistre en moyenne  $4,0 \pm 3,0$  erreurs lorsque le sujet est au repos. En se guidant sur ce nombre d'erreurs, on peut analyser la précision du geste lors des deux autres conditions expérimentales.

Un plus grand nombre d'erreurs a été enregistré dans les deux conditions expérimentales avec induction de fatigue musculaire que dans la condition au repos. On remarque par contre que le nombre d'erreurs est plus grand lorsque la table d'opération est à la hauteur des coudes ( $5,7 \pm 3,2$ ), comparativement à la condition lorsque la table d'opération est à une hauteur ergonomiquement optimale ( $4,8 \pm 3,2$  erreurs). Cette différence entre les conditions expérimentales est statistiquement significative ( $p \leq 0,01$ ). La figure 3.1 démontre

le nombre d'erreurs effectuées lors du test de précision du geste sur un appareil de traçage d'une étoile. On retrouve les résultats dans les trois conditions expérimentales.

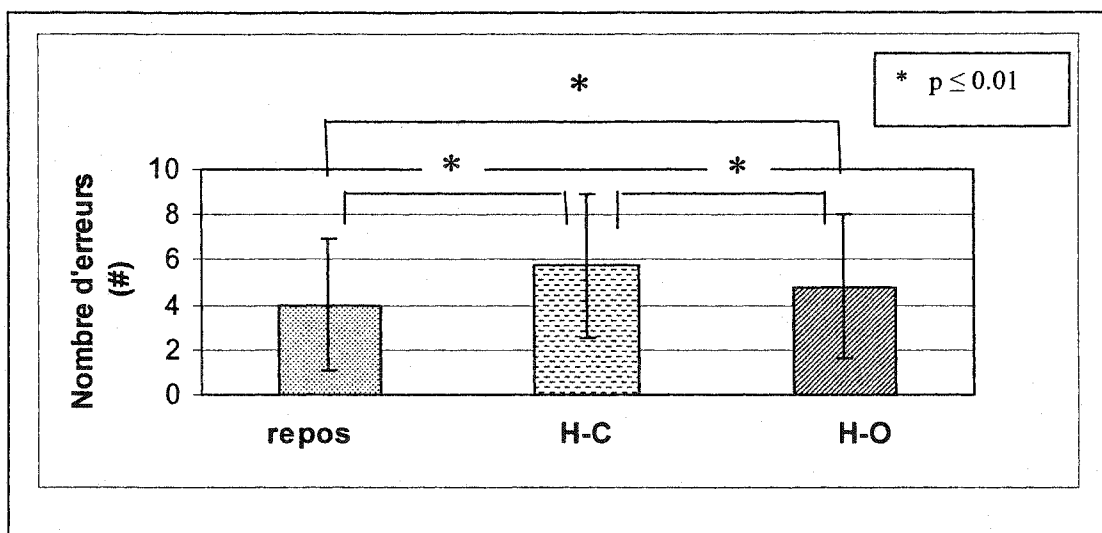


Figure 3.1 Nombre d'erreurs effectuées lors du test de précision du geste sur un appareil de traçage d'une étoile.

Note : H-C : table à la hauteur des coudes du sujet et H-O : table à la hauteur ergonomiquement optimale, soit 10% inférieure à celle des coudes du sujet

### 3.2.2 Résultats du test de résistance à la fatigue musculaire

L'analyse des résultats du temps de résistance à la fatigue musculaire lors du test effectué avec un poids de 2,5 kg a permis d'identifier s'il y a eu augmentation de la fatigue musculaire après une chirurgie. Les résultats obtenus sont présentés dans cette section et permettent d'identifier les différences entre chacune des conditions expérimentales.



Le temps de résistance à la fatigue musculaire obtenu pour chacun des sujets diminue de façon significative lorsqu'il y a induction de fatigue musculaire. Ce temps de résistance diminue davantage lorsque la table d'opération est à la hauteur des coudes du sujet. Le temps de résistance à la fatigue musculaire est de  $134 \pm 33$  secondes lorsque le sujet est au repos. En se guidant sur ce temps de référence, on peut analyser la fatigue musculaire à l'épaule et au trapèze lors des deux autres conditions expérimentales.

Les temps de résistance à la fatigue musculaire obtenus après une procédure chirurgicale diminuent de façon significative autant pour une table placée à la hauteur des coudes qu'à une hauteur ergonomiquement optimale lorsqu'on les compare avec les résultats obtenus lorsque les sujets étaient au repos. Lorsque la table d'opération est placée à la hauteur des coudes du sujet, le temps de résistance à la fatigue musculaire chute à  $125 \pm 33$  secondes. Cependant, ce temps de résistance à la fatigue musculaire augmente à  $130 \pm 32$  secondes lorsque la table d'opération est à une hauteur ergonomiquement optimale. Ces différences entre chacune des conditions expérimentales sont statistiquement significatives ( $p \leq 0,01$ ). La figure 3.2 démontre les résultats obtenus lors de ce test de résistance à la fatigue musculaire, et ce dans les trois conditions expérimentales.

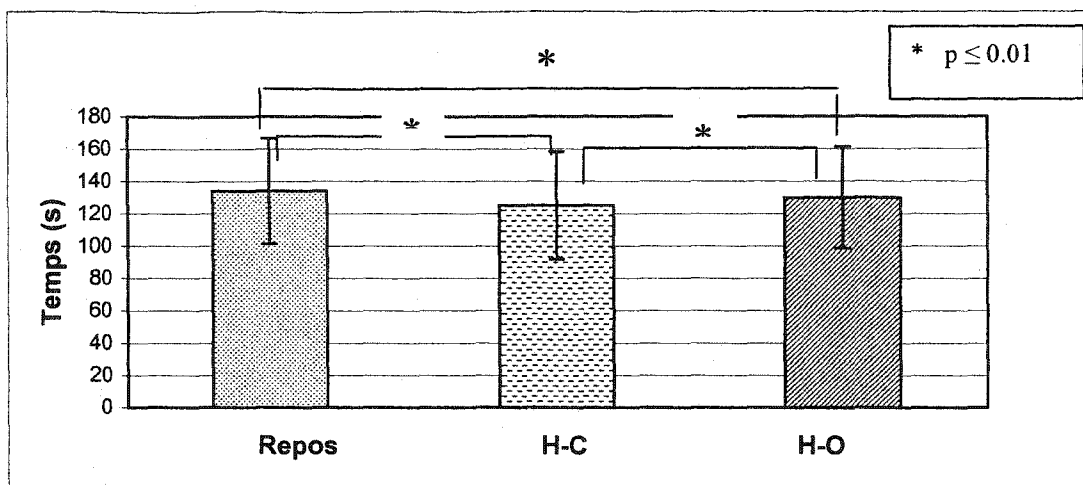


Figure 3.2 Temps de résistance à la fatigue musculaire à l'épaule

Note : H-C : table à la hauteur des coudes du sujet et H-O : table à la hauteur ergonomiquement optimale, soit 10% inférieure à celle des coudes du sujet

### 3.3 Résultats de l'analyse qualitative

À l'intérieur de cette section, l'on retrouve les résultats touchant les désaxations à l'épaule et au poignet effectuées pendant la chirurgie. Dans une première partie on identifie le nombre de désaxations à l'épaule et au poignet. Par la suite, le temps total des désaxations est aussi précisé dans les deux cas, mais sera inclus dans leur section respective.

#### 3.3.1 Nombre et temps total de désaxations à l'épaule

Après avoir analysé les cassettes vidéos des séances chirurgicales, on remarque que le nombre de désaxations à l'épaule est significativement plus élevé lorsque la table d'opération est à la hauteur des coudes avec un nombre total moyen de  $15,8 \pm 5,7$  désaxations. Ce nombre a par la suite chuté à  $10,8 \pm 5,7$  désaxations lorsque la table d'opération était à la

hauteur ergonomiquement optimale. Cette diminution fut significative entre les groupes ( $p \leq 0,01$ ). La figure 3.3 démontre le nombre de désaxations à l'épaule obtenu suite à l'analyse vidéo.

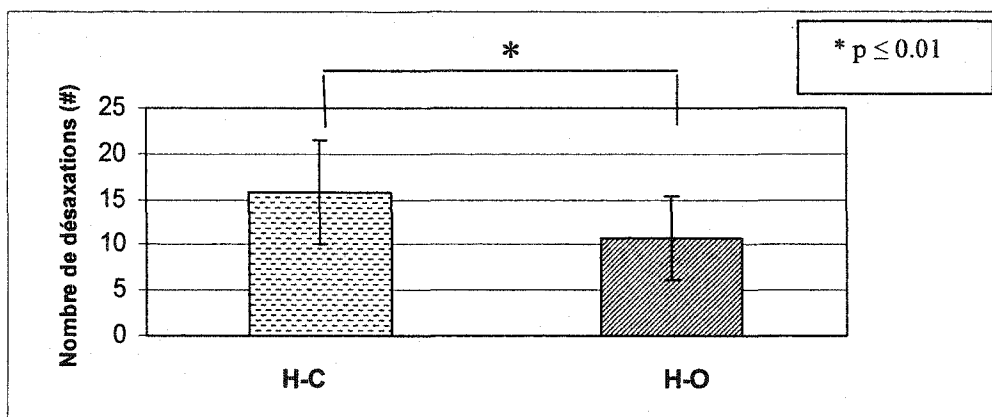


Figure 3.3 Nombre de désaxations à l'épaule lors de la chirurgie.

Note : H-C : table à la hauteur des coudes du sujet et H-O : table à la hauteur ergonomiquement optimale, soit 10% inférieure à celle des coudes du sujet

Il est également intéressant de remarquer que le temps total de ces désaxations diminue également de façon significative ( $p \leq 0,01$ ) entre les deux conditions expérimentales. Le temps total des désaxations est de  $142,8 \pm 17,3$  secondes lorsque la table d'opération est à la hauteur des coudes du sujet, pour ensuite chuter à  $74,1 \pm 28,9$  secondes lorsque la table d'opération est à une hauteur ergonomiquement optimale. La figure 3.4 démontre le temps total de désaxation suite à l'analyse vidéo.

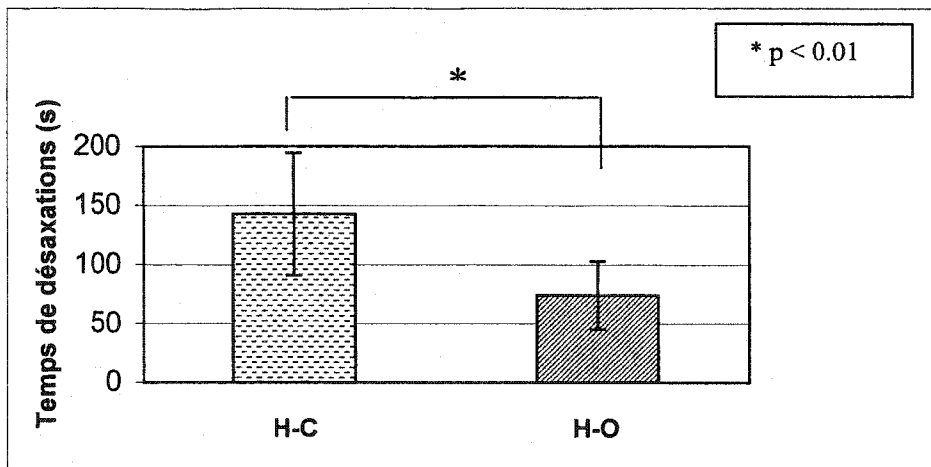


Figure 3.4 Temps total des désaxations à l'épaule lors de la chirurgie

Note : H-C : table à la hauteur des coudes du sujet et H-O : table à la hauteur ergonomiquement optimale, soit 10% inférieure à celle des coudes du sujet

### 3.3.2 Nombre et temps total de désaxations au poignet

Lors de cette même analyse vidéo, on remarque que le nombre de désaxations au poignet diminue aussi de façon significative ( $p \leq 0,03$ ) lorsque la table d'opération est à la hauteur ergonomiquement optimale comparativement à la hauteur des coudes du sujet. Le nombre de désaxations au poignet passe de  $14,8 \pm 6,5$  lorsque la table est à la hauteur des coudes, pour ensuite chuter à  $10,9 \pm 4,6$  désaxations lorsque la table est à la hauteur ergonomiquement optimale. La figure 3.5 démontre le nombre de désaxations au poignet identifiées suite à l'analyse vidéo.

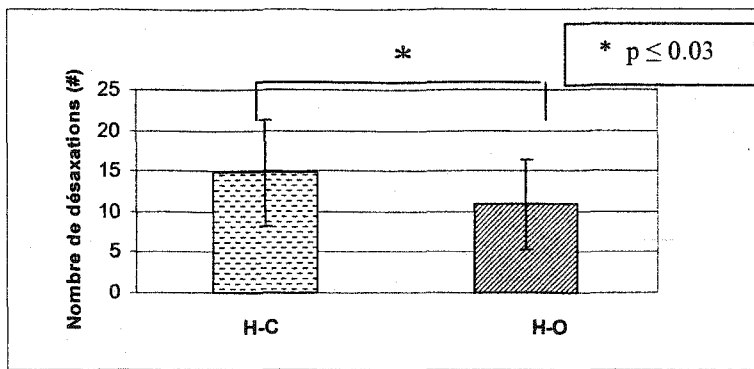


Figure 3.5 Nombre de désaxations au poignet lors de la chirurgie.

Note : H-C : table à la hauteur des coudes du sujet et H-O : table à la hauteur ergonomiquement optimale, soit 10% inférieure à celle des coudes du sujet

Tout comme à l'épaule, le temps total des désaxations au poignet diminue aussi de façon significative lorsque la table d'opération est à la hauteur ergonomiquement optimale lorsque comparée avec la chirurgie avec une table opératoire à la hauteur des coudes du sujet. Le temps total des désaxations au poignet, avec la table d'opération à la hauteur de coudes du sujet, est de  $109,7 \pm 55,1$  secondes et passe à  $82,4 \pm 50,4$  secondes lorsque la table d'opération est à une hauteur ergonomiquement optimale ( $p \leq 0,03$ ). La figure 3.6 démontre le temps total des désaxations au poignet à partir de l'analyse vidéo.

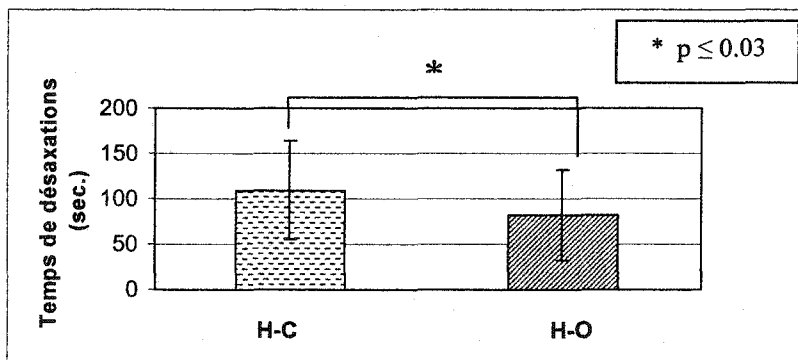


Figure 3.6 Temps total de désaxations au poignet lors de la chirurgie.

Note : H-C : table à la hauteur des coudes du sujet et H-O : table à la hauteur ergonomiquement optimale, soit 10% inférieure à celle des coudes du sujet

### **3.4 Vérification des hypothèses**

Les deux premières hypothèses de cette étude tentent d'établir un lien entre la fatigue musculaire et la précision des gestes chirurgicaux, d'une part, et la hauteur de la table d'opération d'autre part. La troisième hypothèse, elle, tente d'expliquer la raison de l'augmentation de la fatigue musculaire et de la diminution de la précision des gestes.

#### **3.4.1 Hypothèse 1 : Il y a augmentation de façon significative de la précision des gestes lorsque la table de chirurgie est à une hauteur ergonomiquement optimale.**

Les scores individuels pour le test de précision se retrouvent en annexe A. Des différences significatives ( $p \leq 0,01$ ) apparaissent entre les moyennes des scores pour chacune des conditions expérimentales. Il est important de souligner que tous les sujets ont enregistré des résultats dans le même sens. On constate finalement que la première hypothèse est confirmée, et que le nombre d'erreurs diminue de façon significative lorsqu'on place la table à la hauteur ergonomiquement optimale.

#### **3.4.2 Hypothèse 2 : Il y a diminution de façon significative de la fatigue musculaire du chirurgien lorsque la table de chirurgie est à une hauteur ergonomiquement optimale.**

Cette hypothèse vient en quelque sorte expliquer le résultat obtenu pour l'hypothèse 1. Les scores individuels pour le test de résistance à la fatigue musculaire se retrouvent également en annexe. Des différences significatives ( $p \leq 0,01$ ) apparaissent entre les

moyennes des scores pour chacune des conditions expérimentales. Il est également important de souligner que tous les sujets ont enregistré des résultats dans le même sens. On constate finalement que la deuxième hypothèse est aussi confirmée, et que la fatigue musculaire diminue donc de façon significative lorsque la table d'opération est à une hauteur ergonomiquement optimale.

### **3.4.3 Hypothèse 3 : Il y a diminution de façon significative des désaxations des membres supérieurs lorsque la table de chirurgie est à une hauteur ergonomiquement optimale.**

Cette hypothèse vient donc expliquer les résultats obtenus dans la vérification de la deuxième hypothèse, car s'il y a moins de désaxations, il y aura certainement moins de fatigue musculaire. Les scores individuels pour les désaxations et le temps total des désaxations à l'épaule et au poignet se retrouvent en annexe B. Des différences statistiquement significatives ( $p \leq 0,01$ ) apparaissent autant sur le nombre que sur le temps total des désaxations à l'épaule. Pour ce qui est du poignet, on retrouve des différences significatives ( $p \leq 0,03$ ) pour les mêmes paramètres. Il faut noter qu'à l'exception du sujet # 8 qui semble rester constant dans le nombre de désaxations effectuées dans les deux conditions expérimentales, tous les autres sujets ont une diminution autant au niveau du nombre que du temps de désaxations lorsque la table d'opération est à une hauteur ergonomiquement optimale. La troisième hypothèse est donc confirmée.

Toutes les hypothèses qui avaient été proposées ont été confirmées. Le but ultime était d'augmenter la précision des gestes chirurgicaux, mais pour ce faire il nous fallait réduire la fatigue musculaire au niveau de l'épaule et du trapèze. On réalise également qu'en réduisant le nombre et le temps total de désaxations à l'épaule et au poignet on venait par le fait même réduire la fatigue musculaire au niveau de l'épaule et on augmentait donc la précision des gestes chirurgicaux.



## CHAPITRE 4

### 4. DISCUSSION

Cette dernière partie discute d'abord les résultats obtenus en fonction de la littérature et de la méthodologie de recherche. Par la suite, les limites de l'étude ainsi que les recommandations susceptibles d'améliorer celle-ci seront présentées.

#### 4.1 Analyse des résultats

Les résultats concernant les variables de l'étude sont discutés en fonction des informations présentées dans la revue de la littérature. Dans cette section, on discute d'abord du niveau de précision important lors d'une chirurgie. Ensuite, on aborde l'influence que peut avoir la fatigue musculaire sur la précision des gestes chirurgicaux. L'influence des désaxations des membres supérieurs sur la fatigue musculaire, phénomènes influençant la précision du geste chirurgical, est finalement discutée.

##### 4.1.1 L'importance de la précision des gestes lors d'une chirurgie

Les résultats obtenus lors du test de précision des gestes utilisé dans cette étude vont dans le sens de l'hypothèse proposée. La chirurgie est un domaine qui exige beaucoup de précision, alors il est facile de croire qu'une simple erreur, aussi petite soit-elle pourrait avoir des répercussions importantes sur le patient. Il serait sans doute irréaliste de prétendre qu'une chirurgie puisse être réalisée sans la moindre erreur. Il serait également irréaliste de

prétendre que toute erreur effectuée lors d'une chirurgie est catastrophique. La plupart des erreurs réalisées par un chirurgien sont facilement réparables, mais ceci rend la chirurgie plus longue, et par le fait même vient augmenter les chances qu'une autre erreur se produise. Lors de cette étude, la chirurgie qui a servi d'inducteur de fatigue ne fut que d'une durée d'une heure. Tout en sachant qu'un chirurgien est très minutieux dans son travail et qu'il le fait toujours en espérant ne faire aucune erreur, il est facile de croire que le nombre d'erreurs effectuées ne changera pas énormément. Comme mentionné au chapitre 3, le nombre d'erreurs moyen pour les sujets de cette étude fut de  $4,0 \pm 3,0$  lorsqu'ils étaient au repos. Après une chirurgie de seulement une heure à la hauteur de table habituellement utilisée par les chirurgiens, soit la hauteur des coudes, on remarque une augmentation significative du nombre d'erreurs effectuées. Le nombre d'erreurs passe maintenant à  $5,7 \pm 3,2$ . Par contre, lorsque la table de chirurgie est installée à une hauteur ergonomiquement optimale, le nombre d'erreurs effectuées est de  $4,8 \pm 3,2$ . On retrouve donc une diminution d'en moyenne une erreur lorsque la table d'opération est à la hauteur ergonomiquement optimale. Ceci devient d'autant plus important lorsqu'on constate qu'une chirurgie réelle peut s'effectuer pendant de nombreuses heures. Ces résultats laissent donc croire que le nombre d'erreurs effectuées pendant une chirurgie de plusieurs heures pourrait diminuer de beaucoup lorsque la table est ajustée à une hauteur ergonomiquement optimale.

#### 4.1.2 L'influence de la fatigue musculaire sur la précision des gestes

Cette partie vient en quelque sorte expliquer les résultats obtenus lors du test de précision des gestes. Les résultats obtenus lors du test de résistance à la fatigue musculaire sont également dans le sens de l'hypothèse proposée. Il est connu que même une petite fatigue musculaire a un effet direct sur la performance (Alderman et al. (1965), dans Singer (1968)). Les résultats obtenus dans la présente étude abondent dans le même sens que ceux présentés par ces auteurs. Lorsque les sujets étaient au repos, on retrouve une moyenne  $134 \pm 33$  secondes de résistance à la fatigue musculaire lors de cette étude. Le temps de résistance à la fatigue musculaire chute à  $125 \pm 33$  secondes lorsque la table d'opération est à la hauteur habituellement utilisée par les chirurgiens, soit la hauteur des coudes. Par contre, il est intéressant de voir que le temps de résistance à la fatigue musculaire après une chirurgie avec la table d'opération à une hauteur ergonomiquement optimale se rapproche du temps obtenu lorsque le sujet était au repos. Ces résultats sont donc directement dans le même sens que ceux rapportés par Voight et al. (1996) qui en sont venus à la conclusion que les mécanorécepteurs des muscles sont les plus importants transporteurs d'information pour la perception du positionnement articulaire de l'épaule. Comme la diminution de la résistance à la fatigue musculaire et l'augmentation du nombre d'erreurs effectuées semblent avoir une relation entre elle, il est donc possible de prétendre que la fatigue musculaire a un effet important sur la précision du geste chirurgical.

#### 4.1.3 Influence des désaxations sur la fatigue musculaire

Cette partie présente les liens entre la fatigue musculaire et la précision du geste chirurgical. Le nombre et la durée des désaxations obtenues lors des chirurgies expliquent l'augmentation de la fatigue musculaire du sujet. Comme hypothétisé, le nombre de désaxations des membres supérieurs fut plus élevé lorsque la table d'opération était à la hauteur habituellement utilisée par les chirurgiens, soit la hauteur des coudes. Par contre, ce qui fut une agréable surprise, est le fait que non seulement le nombre de désaxations augmentait de façon significative, mais aussi que la durée de ces désaxations augmentait de façon significative dans cette même condition expérimentale. Or comme on sait qu'une position maintenue pendant plusieurs secondes influence la fatigue musculaire localisée, il est donc évident que ces désaxations des membres supérieurs influencèrent la fatigue musculaire du sujet. Il est intéressant de constater qu'avec une table d'opération à une hauteur ergonomiquement optimale, on réduit le nombre de désaxations à l'épaule (diminution de 5 désaxations). Lorsqu'on revient sur la citation de Vasseljen et al. (1997), qui affirme qu'une désaxation du bras est beaucoup plus néfaste pour le trapèze qu'une flexion de la tête, on comprend pourquoi la résistance à la fatigue musculaire était moins grande lorsque la table d'opération était à la hauteur des coudes. Selon Wilker et al. (1989), afin d'éviter ou de réduire le nombre de désaxations, on devrait travailler avec les mains à la hauteur des hanches. Or, lorsque la table d'opération est à une hauteur ergonomiquement optimale, soit 10% inférieure à la hauteur des coudes, on se rapproche énormément de la hauteur des hanches. Les résultats obtenus lors de cette étude viennent donc appuyer la position de ce groupe d'auteurs. Lorsqu'on prend le soin d'intégrer toutes ces composantes ensemble, on

constate que la hauteur de la table d'opération vient influencer le nombre de désaxations lors d'une chirurgie. Ce nombre de désaxations vient par la suite influencer la fatigue musculaire ressentie par le chirurgien et par le fait même influencer la précision du geste chirurgical.

Voilà l'importance de l'ajustement optimal de la hauteur de la table d'opération, car si elle est trop haute, on entre dans un cercle vicieux qui influence autant le nombre de désaxations, que la fatigue musculaire, ainsi que la précision du geste chirurgical. En connaissant les conséquences qu'un mauvais ajustement peut apporter à la chirurgie, il serait donc plausible de croire qu'un bon ajustement de la table d'opération pourrait aller jusqu'à diminuer le temps total d'une chirurgie et même améliorer la récupération du patient car le temps d'anesthésie de ce dernier sera réduit.

#### **4.2 Forces, limites et recommandations de l'étude**

La démarche méthodologique de cette recherche a permis d'atteindre les objectifs de cette recherche. Par contre, certaines limites ont été rencontrées et seront présentées dans la prochaine section.

Parmi les forces de l'étude, le choix d'avoir adapté le test de précision en utilisant un instrument chirurgical (Metz) a permis de se rapprocher le plus possible de la réalité. L'outil utilisé pour l'étude est l'instrument le plus souvent utilisé par les chirurgiens. De plus, une étude pilote précédant la présente recherche a permis de constater qu'il y avait apprentissage entre seulement les deux premières évaluations et que par la suite il n'y avait plus

d'apprentissage. Afin d'éliminer cet effet d'apprentissage lors de la présente étude, les données de précision de la première évaluation n'ont pas été considérées.

Le fait d'avoir exigé des sujets de maintenir le poids à mi-chemin entre la flexion et l'abduction pendant le test de résistance à la fatigue musculaire fut aussi une force de l'étude, car ceci représentait vraiment une désaxation fréquente lors d'une chirurgie.

Malgré toute l'attention et la rigueur portées à la réalisation de l'étude, il reste que certaines limites ont été rencontrées. Voici ces limites et les recommandations de l'étude.

1. Le nombre de sujets est insuffisant pour généraliser les résultats obtenus. Ces résultats donnent cependant une bonne indication du problème et d'avenues de solutions. Il est certain que le nombre de sujets utilisé aurait difficilement pu être plus élevé dans ce contexte, car il fallait faire appel à des résidents qui n'avaient pas été exposés aux principes kinésiologiques appliqués à la chirurgie. Or, comme ce programme existe déjà depuis quelques années à l'Université de Sherbrooke, le bassin de population devenait plus restreint. De plus, comme l'étude était réalisée sur cadavres, et que leur disponibilité était également limitée, neuf sujets était probablement le nombre maximal disponible pour cette étude.
2. Les sujets étaient des résidents juniors; ceci a pu être un problème, car la plupart des sujets n'avaient jamais été exposés au genre de chirurgie proposé (hémicolectomie), donc il y avait apprentissage de la chirurgie pendant l'étude.

Le fait d'avoir réparti les conditions expérimentales de façon aléatoire a permis de contrôler le potentiel effet d'ordre. Si l'étude avait été faite avec des chirurgiens ou même des résidents seniors, l'aspect apprentissage n'aurait pas été une limite de cette étude. Par contre, comme mentionné plus haut, le fait d'avoir exigé des sujets qui n'avaient pas été exposés aux principes kinésiologique en chirurgie fit en sorte que ces derniers furent exclus de l'étude.

3. La durée de la chirurgie d'hémi-colectomie était peut-être trop courte. Comme on sait que les chirurgies réelles sont souvent beaucoup plus longues, on aurait pu utiliser une chirurgie plus longue afin d'avoir une plus grande différence dans les résultats. Par contre, comme l'étude comprenait des résidents juniors, des chirurgiens experts devaient les assister. Comme les chirurgiens sont déjà très occupés, une chirurgie d'une durée d'une heure semblait réalistement acceptable.

## CHAPITRE 5

### 5. CONCLUSION

Les résultats de plusieurs études antérieures ont déjà démontré que tout en améliorant la performance des travailleurs, les risques de blessures diminuent énormément lorsque le poste de travail est modifié de façon à respecter les principes biomécaniques et ergonomiques. Le chirurgien, comme tout autre travailleur, utilise un poste de travail qui lui est propre. Par conséquent, il semble tout aussi justifié d'analyser le poste de travail des chirurgiens de façon à proposer des moyens d'améliorer sa performance et son efficacité. En chirurgie, le cœur du poste de travail est la table opératoire sur laquelle est installé le patient. Il sera donc important de prendre en considération tant la morphologie du patient que celle du chirurgien dans tout effort d'optimisation du poste de travail chirurgical.

La présente recherche, qui poursuivait un tel objectif, a permis de confirmer les hypothèses initiales. En ajustant la hauteur de la table d'opération à une hauteur ergonomiquement optimale, soit 10% inférieure à la hauteur des coudes, le nombre de désaxations à l'épaule et au poignet fut réduit de façon significative comparativement à la hauteur des coudes. Cette diminution du nombre de désaxations eut comme répercussion de diminuer significativement la fatigue musculaire à l'épaule et au trapèze, ainsi que d'augmenter significativement la précision du geste chirurgical. Cette augmentation de la précision s'est manifestée par une diminution significative du nombre d'erreurs effectuées par le chirurgien et a permis par le fait même d'augmenter sa performance. La diminution de la fatigue musculaire est elle aussi associée à l'augmentation de la précision, la fatigue musculaire ayant un effet direct sur la précision du geste. De plus, la réduction de la fatigue



musculaire aura comme effet d'augmenter le confort du chirurgien et par le fait même de diminuer le risque de blessures, surtout à la région supérieure du dos.

### 5.1 Applications

En tenant compte des résultats obtenus dans cette étude, il est maintenant possible de suggérer quelques applications autant pour les chirurgiens que pour les kinésiolesgues. Voici quelques unes des applications possibles :

*Pour les chirurgiens :*

1. Il est maintenant démontré que la table d'opération doit être ajustée de façon à ce que le site opératoire soit situé en dessous de la hauteur des coudes du chirurgien. La hauteur exacte ne doit pas nécessairement être mesurée au centimètre près, mais une zone de confort selon le chirurgien doit cependant être établie.
2. Les chirurgiens devraient changer la hauteur de la table d'opération lorsqu'ils prennent la relève d'un collègue, principalement lorsque les gabarits sont très différents.
3. Les chirurgiens devraient aussi prendre soin de modifier la hauteur de la table d'opération lorsqu'il y a un changement de site opératoire; par exemple, le site principal est généralement plus profond, alors que

l'emplacement des points de suture, à la fin, est plus superficiel. La hauteur de la table devrait elle aussi être modifiée dans de telles situations.

*Pour les kinésiolesgues :*

1. Les kinésiolegues devraient appliquer leurs connaissances en biomécanique à plusieurs facettes du domaine de la santé.
2. Les kinésiolegues devraient continuer la recherche dans le domaine chirurgical afin de contribuer à améliorer les habiletés et les performances chirurgicales.

*Voici quelques recommandations d'études possibles dans le futur :*

1. Plusieurs chirurgies sont maintenant effectuées par la technique de la laparoscopie. Cette approche est relativement nouvelle et la posture du chirurgien lors de cette intervention se doit d'être améliorée. Certains chercheurs commencent à s'intéresser à ce domaine (Berguer et al., 1999, 1999, 2001, 2002, Gianikellis et al., 2002), mais peu d'études sont publiées à ce jour.

2. Un domaine qui serait également intéressant d'explorer est celui de la mesure et de l'évaluation de la force optimale à appliquer sur les instruments utilisés en chirurgie.
3. Une recherche sur la vision du chirurgien serait aussi très intéressante, car en diminuant la hauteur de la table d'opération, il serait important d'investiguer les répercussions chez les chirurgiens au niveau des adaptations visuelles impliquées, surtout chez ceux ayant déjà besoin d'une correction de la vue.
4. De plus, il serait très pertinent de réaliser de telles études en salle opératoire plutôt qu'en laboratoire, afin de tenir compte de l'ensemble des composantes d'une chirurgie réelle.
5. L'utilisation d'un système EMG pour quantifier la fatigue musculaire serait également très pertinente pour des études à venir.

## References

- Berguer, R, Forkey, D.L., Smith, W.D. (2002). An ergonomic study of the optimum operating table height for laparoscopic surgery. Surgical Endoscopy,16, 416-421.
- Berguer, R, Forkey, D.L., Smith, W.D. (2001). The effect of laparoscopic instrument working angle on surgeons' upper extremity workload. Surgical Endoscopy,15, 1027-1029.
- Berguer, R, Forkey, D.L., Smith, W.D. (1999). Ergonomics problems associated with laparoscopic surgery. Surgical Endoscopy,13, 466-468.
- Berguer, R, Gerber, S, Kilpatrick, G, Remler, M, Beckley, D. (1999). A comparison of forearm and thumb muscle electromyographic responses to the use of laparoscopic instruments with either a finger grasp or palm grasp. Ergonomics, 42 (12), 1634-1645
- Chaffin, D.B, Andersson, G. (1984). Occupational Biomechanics. University of Nottingham
- Forestier, N., Nougier, V. (1998). The effects of muscular fatigue on the coordination of a multijoint movement in human. Neuroscience letters, 252, 187-190.
- Gianikellis, K, Ferrera, C, Pantrigo, J. J., (2002). Biomechanical analysis applied to the evaluation of posture in laparoscopic surgery. Scientific Proceedings of the XX<sup>th</sup> International Symposium on Biomechanics in Sports, Ed: Kostas E. Gianikellis. Universidad de Extremadura, Espagne. 313.
- Hagberg, M., Silverstein, B., Wells, R., Smith, M.J., Hendrick, H.W., Carayon, P., Pérusse, M. (1995). Les lésions attribuables au travail répétitif. Institut de recherche en santé et en sécurité du travail du Québec.
- Jaric, S., Blesic, S., Milanovic, S., Radovanovic, S., Ljubisavljevic, M., Anastasijevic, R. (1999). Changes in movement final position associated with agonist and antagonist muscle fatigue. European journal of applied physiology, 80, 467-471.
- Laursen, B., Jensen, B.R., Sjogaard, G. (1998). Effect of speed and precision demands on human shoulder muscle electromyography during a repetitive task. European journal of applied physiology, 78, 544-548.
- Pederson, J., Lonn, J., Hellstrom, F., Djupsjobacka, M., Johansson, H. (1999). Localized muscle fatigue decreases the acuity of the movement sense in the human shoulder. Medical science sports exercise, 31 (7), 1047-1052.
- Psek, J.A., Cafarelli, E. (1993). Behavior of coactive muscles during fatigue. Journal of applied physiology, 74 (1), 170-175.
- Singer, R.N. (1968). Motor learning and human performance. Illinois State University.

Vasseljen Jr, O., Westgaard, R.H. (1997). Arm and trunk posture during work in relation to shoulder and neck pain and trapezius activity. Clinical biomechanics, 12 (1), 22-31.

Voight, M.L, Hardin, J.A., Blackburn, T.A., Tippet, S., Canner, G.C. (1996). The effects of muscle fatigue on and the relationship of arm dominance to shoulder proprioception. Journal of orthopedics sports physical therapy, 23 (6), 348-352.

Winker, S.F, Chaffin, D.B., Langolf, G.D. (1989). Shoulder posture and localized muscle fatigue and discomfort. Ergonomics, 32 (2), 211-237.

## Annexe A

Tableau 1

Tableau démontrant le nombre d'erreurs effectuées et le temps total lors du test de précision, ainsi que le temps de résistance à la fatigue musculaire pour chacun des sujets.

Sujet	Repos			Hauteur Coudes			Hauteur Optimale		
	# d'erreurs (repos)	T- total (s)	Fatigue myo (s)	# d'erreurs (coude)	T- total (s)	Fatigue myo (s)	# d'erreurs (- 10%)	T- total (s)	Fatigue myo
1	9,33	46,60	139,12	11,66	45,16	135,39	10,66	46,74	137,42
2	4	43,43	112,14	6	45,87	105,36	5	45,94	110,12
3	2,66	58,50	175,36	5	58,38	168,47	3,66	56,69	172,41
4	2	45,53	99,85	3	48,41	88,92	2,33	46,93	97,20
5	2	46,93	154,87	3,66	45,76	135,61	2,66	47,75	142,76
6	2	52,99	124,03	4	52,86	115,12	2,66	55,05	122,10
7	5,66	33,07	118,02	7,33	33,76	113,07	7	30,96	115,85
8	7,66	34,33	95,50	9,33	39,95	82,88	8,33	34,92	90,13
9	0,66	42,37	187,45	1,66	46,89	179,72	1	41,21	180,96

## Annexe B

Tableau 2

Tableau démontrant le nombre et le temps de désaxations pour chacun des sujets et à chacune des hauteurs de table d'opération.

Sujet	1	2	3	4	5	6	7	8	9
# Épaule (haute)	21	20	20	5	20	11	14	11	20
T (s) Épaule (haute)	174	156	155	72	174	64	113	150	227
# Poignet (haute)	16	5	17	7	26	17	20	14	11
T (s) Poignet (haute)	131	21	128	59	142	92	216	90	108
# total (haute)	37	25	37	12	46	28	34	25	31
T (s) total (haute)	305	177	283	131	316	156	329	240	335
# Épaule (basse)	17	6	18	4	10	10	9	11	12
T (s) Épaule (basse)	121	34	117	60	56	65	58	86	70
# Poignet (basse)	5	3	17	5	15	11	18	14	10
T (s) Poignet (basse)	51	14	119	21	100	55	167	112	103
# total (basse)	22	9	35	9	25	21	27	25	22
T (s) total (basse)	172	48	236	81	156	120	225	198	173

## Annexe C



Figure 1 : Illustration d'une désaxation du poignet et de l'épaule lors d'une chirurgie.



## Annexe D



Figure 2 : Illustration de l'environnement de l'expérimentation

**Annexe E****Formulaire de consentement**

## **Consentement du sujet**

Titre de l'étude : Optimisation de la performance des gestes chirurgicaux

Chercheur :

Serge Savoie

Directeur de recherche :

René Therrien, Ph. D.

Membres du comité de supervision de la recherche :

Marcel Martin, MD, FCRSC

François Prince, Ph. D.

## **Information**

Nous vous proposons de participer à un projet de recherche qui a pour but de vérifier la précision des gestes chirurgicaux à l'aide d'un appareil de traçage ainsi que par analyse vidéo. La résistance à la fatigue musculaire sera également vérifiée lors de cette étude. Cette étude concerne les résidentes et les résidents qui sont en leur première année de résidence dans le programme de chirurgie à l'Université de Sherbrooke. L'étude comporte un groupe de 10 sujets. La sélection de 10 sujets parmi ceux et celles qui veulent participer à cette étude sera effectuée au hasard..

Quatre visites au laboratoire d'anatomie du C.H.U.S. seront nécessaires afin de répondre aux exigences de l'étude. Deux de ces visites dureront environ 15 minutes, alors que les deux autres auront une durée maximale de 75 minutes chacune.

## **Risques et inconvénients**

Il n'y a aucun risque particulier associé aux techniques utilisées. Le seul inconvénient qui peut survenir est celui d'une fatigue musculaire à l'épaule et au trapèze à la suite du test de résistance à la fatigue musculaire. Cet inconfort sera d'une courte durée, car une période de 3 minutes est suffisante pour une récupération complète du groupe musculaire après un test de fatigue musculaire sous-maximal.

### Avantage

Cette recherche est d'une grande importance pour le domaine de la santé. Cette recherche a pour objet la diminution de la fatigue musculaire aux membres supérieurs des chirurgiens et par le fait même l'amélioration de la précision de leurs gestes chirurgicaux. Les résultats de cette recherche pourraient entraîner des retombées intéressantes autant pour les apprentis-chirurgiens et les chirurgiens que pour les patients.

### Liberté de participation

Vous êtes libre de participer ou non à ce projet ou de vous en retirer en tout temps, et cette décision ne vous limitera d'aucune façon dans votre apprentissage chirurgical.

N'hésitez pas à poser toutes les questions voulues concernant cette recherche ; nous y répondrons de notre mieux.

### Confidentialité

Il est convenu que les renseignements obtenus en rapport avec cette étude pourront servir à des fins scientifiques et professionnelles. Un numéro d'identification vous sera assigné pour préserver votre anonymat.

## Consentement

J'ai eu l'occasion de poser toutes les questions voulues au sujet de ce projet de recherche et on y a répondu à ma satisfaction.

J'accepte que l'information recueillie puisse être utilisée pour fins de communication scientifique et professionnelle. Il est entendu que l'anonymat sera respecté à mon égard.

Je comprends que je suis libre de participer ou non à ce projet ou de m'en retirer en tout temps en avisant le chercheur et que ma décision ne modifiera en aucun cas mon apprentissage chirurgical.

J'ai lu et je comprends le contenu de ce formulaire.

Je, soussigné(e), accepte de participer à ce projet.

---

Date

---

Signature du sujet

---

Signature du témoin

---

Signature du chercheur

**Je désire recevoir des informations sur la suite de cette expérience.**

**Oui-----Non**

Approuvé par le comité d'éthique de la Faculté d'éducation physique et sportive de l'Université de Sherbrooke le 1<sup>er</sup> août 2000.